

File Edit View Tools Window Help

PAT-NO: JP407294264A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 07294264 A  
TITLE: OPTICAL FIBER GYRO  
PUBN-DATE: November 10, 1995

## INVENTOR-INFORMATION:

NAME  
SAKUMA, SADAOMI  
HOJO, TAKESHI

## ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TOKIMEC INC	N/A

APPL-NO: JP06086878

APPL-DATE: April 25, 1994

INT-CL (IPC): G01C019/72

## ABSTRACT:

PURPOSE: To provide an optical fiber gyro producing an accurate output signal.

CONSTITUTION: An optical amplifier 200 is disposed on the input side of a light receiving unit 102 in order to amplify an interference light and to modulate the amplitude simultanedusly. Consequently, the signal level of output from the light receiving unit 102 is elevated. Since the interference light is subjected to amplitude modulation, a gyro signal can be obtained by detecting the sideband of desired intermediate frequency just like a heterodyne system.

COPYRIGHT: (C)1995, JPO

(11) 許出願公開番号

(43)公開日 平成7年(1995)11月10日

### 技術表示箇所

**J 9402-2F**

審査請求 未請求 請求項の数11 OL (全 7 頁)

(71)出願人 000003388

東京都大田区南蒲田2丁目16番46号

(72)発明者 佐久間 貞臣

東京都大田区南蒲田2丁目16番46号 株式  
会社トキメック内

(72)発明者 北條 武

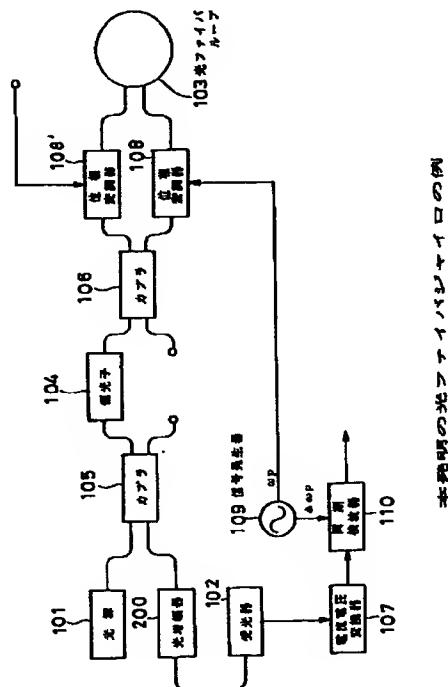
東京都大田区南蒲田2丁目16番46号 株式会社トキメック内

(74)代理人 弁理士 松隈 秀盛

(57) 【要約】

【目的】 正確なジャイロ出力信号を出力することができる光ファイバジャイロを提供することを目的とする。

【構成】 受光器102の入力側に光増幅器200を設け、この光増幅器200によって干渉光を増幅すると同時に振幅変調する。干渉光を増幅することによって受光器102より出力される電流の信号レベルが高くなる。干渉光を振幅変調することによって、ヘテロダインと同様に、所望の中間周波数の側帯波を検波してジャイロ信号を得ることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源と光ファイバループと該光ファイバループを互いに反対方向に伝播する光をそれぞれ位相変調する位相変調器と上記2つの伝播光の干渉光を検出する受光器とを有し、上記光ファイバループを互いに反対方向に伝播する光の間に発生するサグナック位相差を検出することによって加速度を求めるように構成された光ファイバジャイロにおいて、

上記受光器の入力側に上記干渉光を増幅するための光増幅器を設けたことを特徴とする光ファイバジャイロ。

【請求項2】 請求項1記載の光ファイバジャイロにおいて、

上記光増幅器によって上記干渉光は振幅変調されるように構成されていることを特徴とする光ファイバジャイロ。

【請求項3】 請求項2記載の光ファイバジャイロにおいて、

上記光増幅器によって振幅変調された上記干渉光は上記位相変調器による位相変調に使用される角周波数 $\omega_p$ と僅かに異なる角周波数 $\omega_p + \Delta\omega_p$ の正弦波成分を有するように構成されていることを特徴とする光ファイバジャイロ。

【請求項4】 請求項3記載の光ファイバジャイロにおいて、

上記振幅変調の角周波数 $\omega_p + \Delta\omega_p$ と上記位相変調の角周波数 $\omega_p$ の差の角周波数 $\Delta\omega_p$ によって上記受光器の出力信号を同期検波してジャイロ信号を得るように構成されていることを特徴とする光ファイバジャイロ。

【請求項5】 請求項1～4のいずれか1項記載の光ファイバジャイロにおいて、

上記光増幅器は電源装置と励起用の光源とカプラと光増幅用の光ファイバループとを含み、上記励起用の光源より出力された励起用の光は上記カプラによって上記干渉光に加算され、更に、上記光増幅用の光ファイバループによって増幅されるように構成されていることを特徴とする光ファイバジャイロ。

【請求項6】 請求項5記載の光ファイバジャイロにおいて、

上記光増幅器は更に上記光増幅用の光ファイバループの出力側に光アイソレータを有することを特徴とする光ファイバジャイロ。

【請求項7】 請求項1～6のいずれか1項記載の光ファイバジャイロにおいて、

上記電源装置は交流電源と直流電源と該2つの電源の出力電流を加算する加算器とを有することを特徴とする光ファイバジャイロ。

【請求項8】 請求項1～7のいずれか1項記載の光ファイバジャイロにおいて、

上記光増幅用の光ファイバループは光ファイバに稀土類元素をドーパして製造されたものであることを特徴とす

る光ファイバジャイロ。

【請求項9】 電源装置と該電源からの電流信号によって駆動される励起用の光源と該光源からの出力光を信号光に光学的に加算するカプラと該カプラより出力された光を増幅する光ファイバループとを有する光増幅器。

【請求項10】 請求項9記載の光増幅器において、上記光源からの出力光によって上記信号光は振幅変調されることを特徴とする光増幅器。

【請求項11】 請求項9又は10記載の光増幅器において、上記電源装置は直流電源と交流電源とを有し上記2つの電源を加算した出力電流を供給するように構成されていることを特徴とする光増幅器。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は運動体の角速度を検出するための光ファイバジャイロに関する。

【0002】

【従来の技術】光ファイバジャイロは光のサグナック効果（サニャック効果）を利用して角速度を計測するように構成されており、高い信頼性を有し装置を小型化することができる利点がある。光ファイバジャイロのうち、干渉型光ファイバジャイロと称する形式のものが、これは複数回巻かれた光ファイバループよりなる1本の長い光路を互いに反対方向に光を伝播させ斯かる2つの伝播光の位相差より角速度を求めるように構成されている。

【0003】図4は位相変調方式の光ファイバジャイロの例を示す。光ファイバジャイロは、半導体レーザ、発光ダイオード等の光源101と入射光を電流に変換する受光器102と1本の光ファイバを複数回巻いて形成された光ファイバループ103と偏光子104と光ファイバを伝播する光を合成し又は分岐するカプラ105、106とを有する。

【0004】光源101より出力された光線は第1のカプラ105及び偏光子104を経由して第2のカプラ106に導かれる。第2のカプラ106で光線は分岐され、斯くして分岐された2つの光線は光ファイバループ103を互いに反対方向に伝播する。即ち、一方は光ファイバループ103を右周りに伝播し、他方は左周りに伝播する。

【0005】光ファイバループ103に角速度 $\Omega$ が加わると、サグナック効果によって、光ファイバループ103内を互いに反対方向に伝播する光に位相差 $\Delta\phi$ が生ずる。斯かる位相差 $\Delta\phi$ は角速度 $\Omega$ に比例し、次の式で表される。

【0006】

$$\text{【数1】 } \Delta\phi = (4\pi LR/\lambda C)\Omega$$

【0007】ここに、 $\Omega$ は光ファイバループ103の中心軸線周りの角速度、 $R$ は光ファイバループ103のループ径、 $L$ は光ファイバループ103の長さ、 $\lambda$ は光源

10

20

30

40

50

101から出力される光線の波長、Cは光速を表す。

【0008】この光ファイバジャイロは、更に、電流電圧変換器107と位相変調器108と信号発生器109と同期検波器110とを有する。受光器102より出力された電流は電流電圧変換器107によって電圧に変換され電圧として出力される。位相変調器108は光ファイバループ103の一端に配置されており、信号発生器109から供給された基準信号によって作動される。位相変調器108によって光ファイバループ103内を互いに反対方向に伝播する光が位相変調される。信号発生器109から供給される信号の角周波数を $\omega_p$ とすれば、電流電圧変換器107の出力電圧Vは、

【0009】

【数2】 $V = K [1 + \cos \Delta \phi \cdot \{J_0(z) - 2J_2(z) \cos 2\omega_p t + \dots\} - \sin \Delta \phi \cdot \{2J_1(z) \cos \omega_p t - \dots\}]$

【0010】となる。ここで、 $x$ は位相変調度、 $J_0$ 、 $J_1$ 、 $J_2$ 、 $\dots$ はベッセル関数、 $K$ は比例定数、 $t$ は時間である。

【0011】同期検波器110には信号発生器109から角周波数 $\omega_p$ の信号が供給され、斯かる基準信号によって出力電圧Vの角周波数 $n\omega_p$ 成分のうち角周波数成分 $\omega_p$ が同期検波され、 $\sin \Delta \phi$ に比例する出力 $2KJ_1(x) \sin \Delta \phi$ が出力される。こうして、 $\Delta \phi$ を求めて、数1の式より角速度 $\Omega$ が求められる。

【0012】位相変調方式の光ファイバジャイロを改良したものとしてセロダイン方式の光ファイバジャイロが知られている。斯かるセロダイン方式では位相変調器108の他に更にセロダイン位相変調器108'が設けられている。尚、セロダイン方式の光ファイバジャイロの詳細については本願出願人と同一の出願人による特願平4-306975号を参照されたい。

【0013】図5に従来の光ファイバジャイロの他の例を示す。この例では光集積回路120が使用されている。光集積回路120は基板の上面に形成された導波路を含み、斯かる導波路は2つのY分岐125、126を含む。導波路及びY分岐125、126に沿って偏光子104、位相変調器108及びセロダイン位相変調器108'が形成されている。

【0014】光集積回路120の両端には接続装置116、116が装着されており、斯かる接続装置116、116は光ファイバ131を有する。一方の接続装置116によっては光集積回路120の導波路の端部は光ファイバ131を経由して光ファイバループ103に接続され、他方の接続装置116によっては光集積回路115の導波路の端部は光ファイバ131を経由して光源101及び受光器102に接続されている。

【0015】光源101より出力された光は第1及び第2のY分岐125、126に導かれ、斯かる第2のY分岐126にて分岐される。一方の伝播光は光ファイバ

ープ103を右周りに伝播し、他方の伝播光は光ファイバループ103を左周りに伝播する。

【0016】光ファイバループ103を右周りに伝播する光と左周りに伝播する光は第2のY分岐126にて合成され、斯かる干渉光は第1のY分岐125を経由して受光器102によって受光される。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】従来の光ファイバジャイロでは、光源101より出力された光は受光器102によって受光されるまでに減衰し、受光器102に到達する光は極めて僅かである。

【0018】受光器102が受光する干渉光の強度が小さいと電流電圧変換器107によって出力される電圧信号のレベルが小さくなる。斯かる場合、同期検波器110より出力される復調信号はドリフトを含むこととなる。それによって、ジャイロ出力信号に誤差が生ずる。

【0019】本発明は、斯かる点に鑑み、受光器102が受光する干渉光の強度が小さいことに起因してジャイロ出力信号に誤差が生ずることがない光ファイバジャイロを提供することを目的とする。

【0020】本発明は、斯かる点に鑑み、受光器102が受光する干渉光の強度が小さいことに起因して光ファイバジャイロのジャイロ出力信号に誤差が生じないための光増幅器を提供することを提供することを目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、例えば図1に示すように、光源101と光ファイバループ103と該光ファイバループ103を互いに反対方向に伝播する光をそれぞれ位相変調する位相変調器108と上記2つの伝播光の干渉光を検出する受光器102とを有し、上記光ファイバループ103を互いに反対方向に伝播する光の間に発生するサグナック位相差を検出することによって加速度を求めるように構成された光ファイバジャイロにおいて、上記受光器102の入力側に上記干渉光を増幅するための光増幅器200を設けたことを特徴とする。

【0022】本発明によれば、例えば図1に示すように、光ファイバジャイロにおいて、上記光増幅器200によって上記干渉光は振幅変調されるように構成されている。

【0023】本発明によれば、例えば図1に示すように、光ファイバジャイロにおいて、上記光増幅器200によって振幅変調された上記干渉光は上記位相変調器108による位相変調に使用される角周波数 $\omega_p$ と僅かに異なる角周波数 $\omega_p + \Delta \omega_p$ の正弦波成分を有するように構成されている。

【0024】本発明によれば、例えば図1に示すように、光ファイバジャイロにおいて、上記振幅変調の角周波数 $\omega_p + \Delta \omega_p$ と上記位相変調の角周波数 $\omega_p$ の差の

角周波数 $\Delta\omega_P$ によって上記受光器の出力信号を同期検波してジャイロ信号を得るように構成されている。

【0025】本発明によれば、例えば図2に示すように、光ファイバジャイロにおいて、上記光増幅器200は電源装置201と励起用の光源202とカブラ203と光増幅用の光ファイバループ204とを含み、上記励起用の光源202より出力された励起用の光は上記カブラ203によって上記干渉光に加算され、更に、上記光増幅用の光ファイバループ204によって増幅されるように構成されている。

【0026】本発明によれば、例えば図2に示すように、光ファイバジャイロにおいて、上記光増幅器200は更に上記光増幅用の光ファイバループ204の出力側に光アイソレータ205を有する。

【0027】本発明によれば、例えば図3に示すように、光ファイバジャイロにおいて、上記電源装置201は交流電源212と直流電源211と該2つの電源の出力電流を加算する加算器213とを有する。

【0028】本発明によれば、例えば図2に示すように、光ファイバジャイロにおいて、上記光増幅用の光ファイバループ204は光ファイバに稀土類元素をドープして製造されたものである。

【0029】本発明によれば、例えば図2に示すように、光増幅器200は電源装置201と該電源からの電流信号によって駆動される励起用の光源202と該光源202からの出力光を信号光に光学的に加算するカブラ203と該カブラ203より出力された光を増幅する光ファイバループ204とを有する。

【0030】本発明によれば、例えば図2に示すように、光増幅器200において、上記光源からの出力光によって上記信号光は振幅変調される。

【0031】本発明によれば、例えば図2に示すように、光増幅器200において、上記電源装置201は直流電源211と交流電源212とを有し上記2つの電源を加算した出力電流を供給するように構成されている。

【0032】

【作用】本発明の光ファイバジャイロによると、受光器102の入力側に光増幅器200が設けられ、斯かる光増幅器200によって干渉光が増幅されるから、受光器102より出力される電流の信号レベルが高くなる。従って、同期検波器110によって検波された信号より正確なジャイロ信号を得ることができる。

【0033】本発明の光ファイバジャイロによると、光増幅器200によって干渉光を増幅すると同時に振幅変調することができるから、ヘテロダインと同様に所望の中間周波数の側帯波を生成し、所望の中間周波数の側帯波を検波してジャイロ信号を得ることができる。

【0034】

【実施例】以下に図1～図3を参照して本発明の実施例について説明する。図1に本発明による光ファイバジャ

イロの例を示す。この光ファイバジャイロは図4の光ファイバジャイロを改良したもので、受光器102の入力側に光増幅器200が設けられている。即ち、光増幅器200はカブラ105と受光器102との間に配置されている。本例の光ファイバジャイロは、図4の従来の光ファイバジャイロと比較して、光増幅器200が設けられている点以外は従来の光ファイバジャイロと同様な構成であってよい。

【0035】本発明によると、光増幅器200はカブラ105より出力された干渉光を増幅することと振幅変調することの2つの機能を有する。カブラ105より出力された干渉光を増幅することによって受光器102より出力される電流信号のレベルを充分大きくすることができる。また、カブラ105より出力された干渉光を振幅変調することによって、電流電圧変換器107より出力される光の強さ信号Vに所望の中間周波数の側帯波を生成することができる。従って、同期検波器110によって所望の信号成分を容易に且つ正確に得ることができる。

【0036】図2に本例の光増幅器200の構成例を示す。本例の光増幅器200は電源装置201と励起用の光源202と第3のカブラ203と光増幅用の光ファイバループ204と光アイソレータ205とを含む。第1のカブラ105より出力された干渉光は点200aを経由して第3のカブラ202に導かれる。第3のカブラ202にて、斯かる干渉光に励起用の光源202より出力された励起光が光学的に加算される。

【0037】第3のカブラ202より出力された光は光増幅用の光ファイバループ204に導かれ、それによって増幅される。

【0038】斯かる光増幅用の光ファイバループ204は、光ファイバに、例えば、稀土類元素をドープしたものであってよい。斯かる光増幅用の光ファイバループ204は、例えば、光ファイバにエルビウムErをドープしたものであってよい。それによると、干渉光の波長が1550nmの場合、励起用の光源202の出力光として波長980nm又は1480nmのものが使用される。

【0039】光増幅用の光ファイバループ204によって増幅された光は光アイソレータ205を経由して受光器102に導かれる。光アイソレータ205は励起用の光源202から出力された励起光の成分を除去する。それによって、励起光の成分に起因する悪影響を除去することができる。

【0040】先ず光増幅器200の増幅機能について説明する。図2の光増幅器200の入力光を $I_1$ 、出力光を $I_2$ とすると、増幅度 $K_L$ は次のように表される。

【0041】

$$【数3】 K_L = I_2 / I_1$$

【0042】斯かる増幅度 $K_L$ は励起用の光源202よ

り出力された励起光  $I_A$  に比例する。比例定数を  $K_{LA}$  とすると、増幅度  $K_L$  は次の式によって表される。

【0043】

【数4】  $K_L = K_{LA} I_A$

【0044】図3に光増幅器200に使用される電源装置201の構成例を示す。斯かる電源装置201によって光増幅器200の振幅変調機能が提供される。本例の電源装置201は直流電源211と交流電源212と加算器213とを有する。交流電源212は位相変調器108による位相変調に使用される角周波数  $\omega_P$  と僅かに異なる角周波数  $\omega_P + \Delta\omega_P$  の電流信号を出力する。

【0045】尚、図1にて信号発生器109は交流電源212より供給された角周波数  $\omega_P + \Delta\omega_P$  の電流信号を入力して、位相変調器108に供給する角周波数  $\omega_P$  の電流信号と同期検波器110に供給する角周波数  $\Delta\omega_P$  の電流信号を生成する。

【0046】光増幅器200のゲイン  $K_L$  は次のように表される。

【0047】

【数5】

$K_L \propto K_{LA} \{ i_D + i_A \sin(\omega_P + \Delta\omega_P) t \}$

【0048】ここに、 $i_D$  は直流電源211からの電流信号、 $i_A \sin(\omega_P + \Delta\omega_P) t$  は交流電源212からの電流信号である。

【0049】従って、数2の式の比例定数  $K$  は次のように表される。

【0050】

【数6】

$K = K_0 \{ i_D + i_A \sin(\omega_P + \Delta\omega_P) t \}$

【0051】ここに  $K_0$  は、比例定数  $K_{LA}$  を含む総合的な定数である。

【0052】数6の式を数2の式に代入して、電流電圧変換器107の出力信号  $V$  が得られる。サグナック位相差  $\Delta\phi$  を求めるために、斯かる電圧信号  $V$  より  $\sin\Delta\phi$  に比例した成分  $V_1$  を取り出すと、

【0053】

【数7】  $V_1 = 2K_0 J_1(z) \cos\omega_P t \{ i_D + i_A \sin(\omega_P + \Delta\omega_P) t \} \sin\Delta\phi - 2K_0 J_3(z) \cos 3\omega_P t \{ i_D + i_A \sin(\omega_P + \Delta\omega_P) t \} \sin\Delta\phi + \dots = 2K_0 J_1(z) i_D \cos\omega_P t \sin\Delta\phi + K_0 J_1(z) i_A \{ \sin(2\omega_P + \Delta\omega_P) t + \sin\Delta\omega_P t \} \sin\Delta\phi - 2K_0 J_3(z) i_D \cos 3\omega_P t \sin\Delta\phi - K_0 J_3(z) i_A \{ \sin(4\omega_P + \Delta\omega_P) t + \sin(-2\omega_P + \Delta\omega_P) t \} \sin\Delta\phi + \dots$

【0054】従って、この式より  $\sin\Delta\omega_P t$  を含む項  $\Delta V_1$  を取り出すと、

【0055】

【数8】  $\Delta V_1 = K_0 J_1(z) i_A \cdot \sin\Delta\omega_P t \cdot \sin\Delta\phi$

【0056】こうして、電流電圧変換器107の出力信号  $V$  より  $\sin\Delta\omega_P t$  を含む項  $\Delta V_1$  を取り出せば、それより、 $\sin\Delta\phi$  の値が得られる。それによってサグナック位相差  $\Delta\phi$  が求められ、角速度  $\Omega$  が求められる。

【0057】一般に数2の式の出力信号  $V$  より、直接、1倍波成分（角周波数  $\omega_P$  を含む項）を分離するのは困難である。信号  $V$  は1倍波成分ばかりでなく2倍波成分（角周波数  $2\omega_P$  を含む項）等の高次成分を含む。2倍波成分と1倍波成分は、周波数の差が大きいから、両者を分離するのは容易ではない。しかしながら、 $\sin\Delta\omega_P t$  の周波数  $\Delta\omega_P$  は2倍波成分の周波数  $2\omega_P$  と大きく異なるからそれを分離するのは容易である。これはヘテロダインとして知られている。

【0058】図1を参照して説明した例は図4の従来例に光増幅器200を設けたものであるが、本発明は図5の従来例に光増幅器200を設けてもよい。

【0059】以上本発明の実施例について詳細に説明してきたが、本発明は上述の実施例に限ることなく本発明の要旨を逸脱することなく他の種々の構成が採り得ることは当業者にとって容易に理解されよう。

【0060】

【発明の効果】本発明の光ファイバジャイロによると、光増幅器200によって干渉光が増幅されるから、受光器10によって出力される電流信号のレベルは充分大きく、従って、正確なジャイロ信号を得ることができる利点がある。

【0061】本発明の光ファイバジャイロによると、光増幅器200によって干渉光が振幅変調されるから、電流電圧変換器107より出力された光の強さを示す電流信号  $V$  より所望の中間周波数の側帯波を復調して、ジャイロ信号を得ることができる利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光ファイバジャイロの構成例を示す図である。

【図2】本発明の光ファイバジャイロの光増幅器の構成例を示す図である。

【図3】本発明の光増幅器の電源装置の構成例を示す図である。

【図4】従来の光ファイバジャイロの第1の例を示す図である。

【図5】従来の光ファイバジャイロの第2の例を示す図である。

【符号の説明】

101 光源

102 受光器

103 光ファイバルーブ

104 偏光子

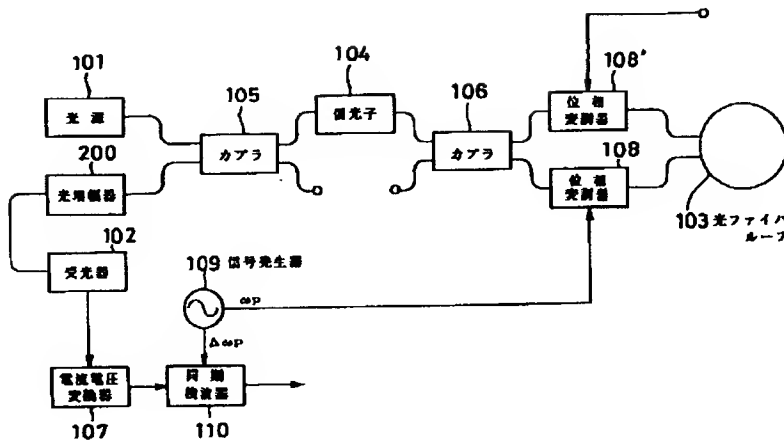
105、106 カブラ

50 107 電流電圧変換器

108、108' 位相変調器  
 109 信号発生器  
 110 同期検波器  
 116 接続装置  
 117 接続部  
 120 光集積回路  
 121 光源  
 125、126 Y分岐

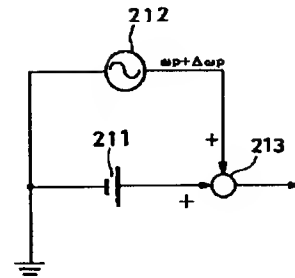
131 光ファイバ  
 200 光増幅器  
 201 電源装置  
 202 励起用の光源  
 203 カプラ  
 204 光ファイバループ  
 205 光アイソレータ

【図1】



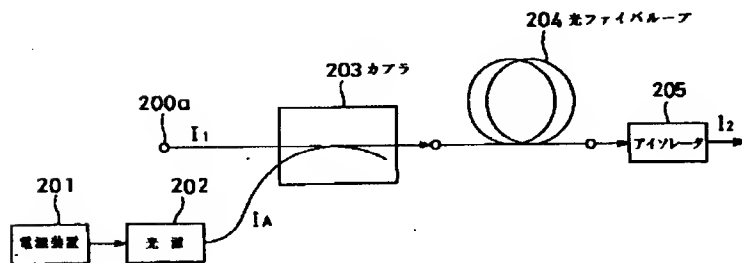
本発明の光ファイバジャイロの例

【図3】



本発明による電源装置の例

【図2】



本発明による光増幅器の構成

[illegible]

### 従来の光ファイバジャイロの他の例